Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. M. Schwaiger

Elektrolytuntersuchungen bei Oberflächenverbrennungen dritten Grades am Hunde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Karl-Heinz Ziesche

aus Neisse

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. M. Schwaiger

Elektrolytuntersuchungen bei Oberflächenverbrennungen dritten Grades am Hunde

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Karl-Heinz Ziesche
aus Neisse

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 6.2.1968
gedruckt mit der Genehmigung der Fakultät
Dekan: Prof.Dr.med.R.Siegert
Referent: Priv.Doz.Dr.med.I.Staib
Correferent: Prof.Dr.med.M.Schwaiger

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A	Einleitung	
I	Problemstellung	1-2
B	Methodik	3-14
I	Tiermaterial und Verbrennungstechnik	3-5
II	Flammenphotometrische Bestimmung der Elektrolyte Kalium, Calcium und Natrium	6
III	Methodische Untersuchung zur Kaliumbestimmung	7
IV	Chloridbestimmung	8
V	Kaliumbestimmung in Erythrocyten	9
VI	Urinbestimmung mit Bilansberechnung	10
VII	Bestimmung des Hämoglobins, Hämatokrits und der Erythrocytenzahl im Blut	11-12
VIII	Statistische Auswertung	13
IX	Substitution von Flüssigkeit und Elektrolyten	14
C	Ergebnisse	15-35
I	Vergleich zwischen den 3 Versuchsreihen	15-22
	a) Calcium-Stoffwechsel	15,16,18,2o,21
	b) Natrium-Stoffwechsel	15,17,18,20
	c) Kalium-Stoffwechsel	17,19,20,22
	d) Chlorid-Stoffwechsel	16,19,21
II	Methodische Untersuchung zur Kaliumbestimmung (Unterschied Serum-Plasma)	23
III	Bilanz von Kalium und Natrium	24-30
IV	Blutwerte (Hämoglobin, Hämatokrit, Erythr)	31
V	Diskussion	32-36
VI	Zusammenfassung	37
D	Literatur	38-39
E	Lebenslauf	40

A Einleitung

I Problemstellung

Das Problem,vor dem der Kliniker immer wieder bei ausgedehnten Oberflächenverbrennungen am Menschen steht,ist in der akuten Phase neben der lokalen Therapie die exakte Substitution von Elektrolyten und Flüssigkeit,die der Organismus durch das schwere Trauma verloren hat.
Besonders bei sehr jungen Verbrennungspatienten(15) bedeuten laufende Blutentnahmen für die Elektrolytkontrollen eine kaum zumutbare Belastung,da einerseits die Gefäße oft durch die Verbrennung in Mitleidenschaft gezogen sind und andererseits der Gesamtorganismus schwer traumatisiert ist.Die Wichtigkeit des Elektrolyt- und Wasserhaushaltes bei chirurgischen Patienten,im besonderen bei Verbrennungspatienten,mit ihren häufig großen und schnellen Verlusten ist heute unumstritten.
Faustregeln für die Therapie bei Elektrolytstörungen genügen selten(24),eine genaue Substitutionstherapie mit vorheriger Bilanzberechnung ist unbedingt notwendig(9,12, 13,24).Auch die Wirkung verschiedenartiger Narkosemittel auf den Elektrolythaushalt,insbesondere auf den Kaliumspiegel,ist untersucht worden(13,18,22,23).Im Hinblick auf die Substitutionstherapie gibt es eine Vielzahl von Vorschlägen,die jedoch mehr oder weniger voneinander abweichen(5,15,16,19).
Unsere Arbeit nun will einen Beitrag liefern,dieses Substitutionsproblem klären zu helfen.Das Thema ist daher die Untersuchung der Elektrolytveränderungen im Plasma,in den Erythrocyten und im Urin bei 10%iger Oberflächenverbrennung dritten Grades an gesunden Bastardhunden.Es gliederte sich experimentell in drei Versuchsreihen:

Erste Versuchsreihe: Bestimmung der Elektrolyt- und Flüssigkeitsveränderungen unter tiefer Narkose.
Zweite Versuchsreihe: Bestimmung der Elektrolyt- und Flüssigkeitsveränderungen bei Verbrennung in Narkose ohne Substitution.
Dritte Versuchsreihe: Bestimmung der Elektrolyt- und Flüssigkeitsveränderungen bei Verbrennung in Narkose mit Substitution.
Die erste Versuchsreihe unter Narkose wurde durchgeführt, um solche Veränderungen im Elektrolyt- und Flüssigkeitshaushalt festzustellen, die allein auf die Narkosewirkung zurückzuführen sind. In der zweiten Versuchsreihe mit Verbrennung konnten wir nun die Wirkung des Traumas selbst unter Berücksichtigung der Narkosewirkung auf den Elektrolyt- und Flüssigkeitshaushalt untersuchen.

Die durch die Verbrennung bedingten Flüssigkeitsverschiebungen zwischen dem Extra- und Intrazellularraum wurden von Herrn Peter Regenfuß (s. Dissert., Marburg/L., i. Druck) untersucht. Ferner wurden durch laufende Blutgasanalysen Veränderungen im Säure-Basen-Haushalt festgestellt.
Alle Hunde wurden obduziert. Unter der Leitung von Dr. Hupe wurden die inneren Organe histologisch untersucht.
Die experimentelle Arbeit wurde 1962 abgeschlossen.

B I

Tiermaterial und Verbrennungstechnik

Tiermaterial

Für die 3 Versuchsreihen (Kontrollgruppe, Verbrennungsreihe ohne und Verbrennungsreihe mit Substitution) nahmen wir Bastardhunde männlichen und weiblichen Geschlechtes mit Körpergewichten zwischen 8 und 22 kg (Durchschnittsgewicht 15,2 kg). Die Hunde waren in gutem Allgemein- und Ernährungszustand ohne erkennbaren Infekt oder Stoffwechselerkrankung.

Tab.1: Körpergewichte der Hunde

Hund	kg	EZR (1) 15% d. KG	Geschlecht
Erste Versuchsreihe:			
1	25,0	3,750	fem.
2	13,3	1,995	fem.
3	17,4	2,610	fem.
4	13,5	2,025	fem.
5	19,4	2,910	masc.
6	19,3	2,859	masc.
Zweite Versuchsreihe:			
8	10,5	1,575	fem.
9	14,5	2,175	fem.
10	15,4	2,310	fem.
11	14,3	2,145	masc.
12	12,8	1,920	masc.
13	8,05	1,208	masc.
Dritte Versuchsreihe:			
16	12,6	1,890	masc.
17	13,8	2,070	masc.
18	22,1	3,315	fem.
19	16,0	2,400	fem.
20	14,0	2,100	fem.
21	13,7	2,055	fem.
22	13,2	1,980	fem.
a=	15,2		
n=	19		

Verbrennungstechnik

An den Hunden wurden Verbrennungen dritten Grades gesetzt.10% der Körperoberfläche wurde verbrannt.Die Tiere wurden unmittelbar vor der Verbrennung gewogen (in kg) und die Körperlänge von der Schwanzwurzel bis zur Schnauzenspitze (in cm) gemessen.Die letzte Nahrungsaufnahme war jeweils 24 Stunden vor Versuchsbeginn.

Die Tiere wurden am Rumpf und an den hinteren Extremitäten geschoren und rasiert.Die rasierten Stellen wurden vor der Verbrennung mit Wasser angefeuchtet.In tiefer Narkose (25mg/kg Nembutal i.v. als Initialdosis) wurde eine zusammenhängende Hautfläche am Rücken auf den Bauch übergreifend verbrannt.

Als Verbrennungsapparat diente uns (11) ein mit Wasser gefülltes Metallgefäß,welches an seinem Boden einen 25 cm^2 großen Metallstempel besaß.Das Wasser wurde durch einen Tauchsieder (1000 Watt) auf 100° C erhitzt.

Die Stempel wurden mit gleichmäßigem Druck 30 Sekunden lang dicht nebeneinander auf die betreffende Hautstelle gesetzt.Die Extremitäten wurden wegen der sich daraus ergebenden Durchblutungsschäden verschont.

Die Berechnung der Körperoberfläche (26) erfolgte nach der Formel:

$$KOF = K_1 \times G^{0,7} \times \frac{K_2}{\sqrt[3]{\frac{G}{L}}}$$

K_1 = 1.Konstante,die beim Hund 6,67 beträgt

K_2 = 2.Konstante,die sich auf den Ernährungszustand bezieht und beim Hund 0,34 beträgt

G = Körpergewicht in Gramm

L = Körperlänge in Zentimeter

$\sqrt[3]{\frac{G}{L}}$ = die Kubikwurzel des Körpergewichtes in Gramm durch Körperlange in Zentimeter gibt den Ernährungszustand des Tieres an

Naheres uber das Tiermaterial,die Verbrennungstechnik und die Narkose in der Dissertation von Peter Regenfuß, Marburg/Lahn (i.Druck).

B II

Flammenphotometrische Bestimmung der Elektrolyte Kalium,Calcium und Natrium

Mit dem Flammenphotometer "Eppendorf" lassen sich Bestimmungen des K-,Ca- und Na-Gehaltes des Serum- bzw. des Plasmas und des Harnes exakt und schnell durchführen.

Allgemeines:

Bevor die zu untersuchenden Serum- bzw. Harnproben dem Gerät zur flammenphotometrischen Messung zugeführt werden können,sind sie noch zu verdünnen.Bei der K- und Ca-Messung wird das Serum bzw. der Harn mit Aqua dest. im Verhältnis 1:2o und bei der Na-Messung 1:2oo verdünnt. Weitere chemische Vorbereitungsarbeiten,wie z.B. die Enteiweißung der einzelnen Elemente,sind nicht notwendig. Die Ablesung der Resultate erfolgt auf direkt anzeigenden Skalen in den üblichen Konzentrationsangaben.Hierfür kann wahlweise eine Skala mit mg% (mg/1ooml) oder mval/l Einteilung in den Skalenrahmen des Gerätes eingesetzt werden.Das Anlegen von Eichkurven ist nicht erforderlich.Statt dessen wird der Lichtzeiger während des Versprühens einer Lösung mit genau bekannten Na-,K- und Ca-Gehalt (Standard-oder Eichlösung) auf den für die Standardlösung angegebenen Wert der Skala eingestellt.Durch diese Eichung des Lichtzeigerausschlages wird gleichzeitig die Gültigkeit des gesamten Ablesebereiches der Skala sichergestellt.

Die Einstellung des Lichtzeigers auf den Nullpunkt der Skala erfolgt bei der Bestimmung von Natrium und Kalium während des Versprühens von Aqua dest..Bei der Ca-Bestimmung wird hierfür eine besondere Kompensationslösung verwendet.

Nach vorangegangener Einstellung und Kontrolle des Skalen-O-Wertes sowie des für die Standardlösung angegebenen Eichwertes auf der Skala kann unmittelbar mit der Messung begonnen werden.

B III

Methodische Untersuchung zur Kaliumbestimmung
(Unterschied Serum-Plasma)

Bei der flammenphotometrischen Bestimmung des K-Gehaltes im Serum und Plasma zu gleicher Zeit entnommener Blutproben konnten wir eine K-Erhöhung im Serum gegenüber dem Plasma feststellen,die durch das bei dem Thrombocytenzerfall freiwerdende Kalium bedingt war.
So kann also der K-Gehalt im Serum durch eine zufälligerweise vorhandene Thrombocytose fälschlich erhöht sein.
Zur Demonstration dieses Falles führten wir folgende Tierversuche durch:
Mehrere gesunde Bastardhunde wurden splenektomiert. Prae- und postoperativ wurden mehrere Blutproben aus der Vena femoralis entnommen.Es wurde jeweils der K-Gehalt im Plasma und Serum mit dem Flammenphotometer "Eppendorf" sowie die Thrombocytenzahl mit der Zeiss-Zahlkammer (Cocain-Methode) bestimmt.
Die künstlich erzeugte Thrombocytose durch den Wegfall der splenogenen Wirkung auf das Knochenmark verursacht einen gleichzeitigen Anstieg der Thrombocyten und des K-Gehaltes im Serum (s.Tab.32).
Um nun diesen Fehler zu vermeiden,haben wir alle K-Messungen im Plasma (1mg Titriplex III/1ml Blut als Antikoagulans) durchgeführt.

B IV

Chloridbestimmung im Serum und Urin

Arbeitsweise:
Das durch einen Venenkatheter aus der Vena femoralis entnommene Blut wird 2o Minuten bei 1ooo Umdr./min zentrifugiert.Das Serum wird sofort abgehoben.
Mit einer Blutzuckerpipette wird o,1 ml Serum aufgesaugt und verworfen.Darauf wieder o,1 ml Serum in ein Chlorröhrchen pipettiert und zweimal mit ca. o,1 ml Aqua dest. nachgespült.3 Chlorröhrchen werden so vorbereitet.
In diese 3 Röhrchen pipettiert man zur Eiweißfällung je 5 ml absoluten Alkohol (96%),und zwar so,daß man die Pipette vom Boden des Röhrchens nach oben ziehend auslaufen läßt.
Nun bleiben die Röhrchen genau 3o Minuten stehen und werden danach 2o Minuten bei 1ooo Umdr./min zentrifugiert.
Die Zentrifuge darf nicht gebremst werden.
Die klare Flüssigkeit über dem abgesetzten Eiweiß wird vorsichtig in Breithals-Erlenmeyer-Kolben abgegossen und anschließend titriert.
Titration:
Im ersten Arbeitsgang bestimmt man den Titer:
Man pipettiert 2 ml n/1oo NaCl-Lösung und 5 ml absoluten Alkohol in einen Erlenmeyer-Kolben.Als Indikator benutzt man 5%ige Kaliumchromatlösung (hellgelb).Mit n/1oo $AgNO_3$-Lösung titriert man bis zum braunen Umschlagspunkt.Aus der verbrauchten Menge an n/1oo $AgNO_3$-Lösung ermittelt man den Titrationsfaktor f :

$$f = \frac{2 \text{ ml } (NaCl)}{x \text{ ml } (AgNO_3)}$$

Die 3 mit dem Indikator versetzten Proben werden gegen den braunen Farbton des Titers titriert.
Berechnung: f x 1oo x xml (verbrauchte n/1oo $AgNO_3$-Lösung)

B V

Kaliumbestimmung in den Erythrocyten

1o ml Venenblut werden mit 1o mg Titriplex III(Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure)(1 mg/ml Blut) 2-3 mal vorsichtig umgeschüttelt und 2o Minuten bei 3ooo Umdr./min zentrifugiert.
Das Plasma wird soweit möglich abgehoben,das restliche mit der Wasserstrahlpumpe abgesaugt.Der Erythrocytenbrei wird nun mit physiologischer Kochsalzlösung überschichtet und langsam durchmischt.Anschließend wird wieder 1o Minuten zentrifugiert und mit der Wasserstrahlpumpe der klare Überstand abgesaugt.
1 ml Erythrocytenbrei wird in einen 5o ml-Kolben pipettiert.Anschließend muß die Pipette so lange mit Aqua dest. nachgespült werden,bis sie vollständig sauber ist.
In den 5o ml-Kolben gibt man ca. 2o ml Aqua dest. und schüttelt leicht bis vollkommene Hämolyse eingetreten ist.
Zur Eiweißfällung werden jetzt 1o ml Trichloressigsäure (2o%) unter leichtem Schütteln zugegeben und der Kolben bis zur Eichmarke mit Aqua dest. aufgefüllt.Der entstandene Schüttelschaum kann mit 1-2 Tropfen Äther beseitigt werden.
Der Inhalt des Kolbens wird filtriert.Vom klaren Filtrat werden 1o ml entnommen und im Meßkolben 1:2 mit Aqua dest. verdünnt.
Die Lösung wird nun mit dem Flammenphotometer gemessen. Das Ergebnis wird mit 5 multipliziert und man erhält den Kaliumgehalt der Erythrocyten in mval/l Erythrocyten.

B VI

Urinbestimmung mit Bilanzberechnung

Zur genauen Urinbestimmung wurde ein Dauerkatheter gelegt. Der in den Zeiträumen von 0^h bis 2^h, von 2^h bis 6^h und von 6^h bis 12^h ausgeschiedene Urin wurde gemessen(ml) und daraus der jeweilige Gehalt (mval/l) an Kalium, Natrium, Calcium und Chlorid ermittelt.
Die Umrechnung in Realwerte (mval) erfolgte durch Multiplikation der Elektrolytwerte (mval/l) mit den in den drei Zeiträumen ausgeschiedenen Urinmengen (l).
Die Elektrolytwerte des Plasmas (mval/l) zu den Zeitpunkten 0^h, 2^h, 6^h und 12^h wurden durch Multiplikation mit dem EZR (l) (Extrazellularraum=15% des Körpergewichtes) in Realwerte (mval) umgerechnet.
Die Differenzen der Realwerte 0^h-2^h, 2^h-6^h und 6^h-12^h zeigten nun ein etwaiges An- oder Abfallen der Elektrolytwerte des Plasmas in den drei Zeiträumen.
Bei negativer Differenz mußte dieser Wert von dem entsprechenden Realwert des Urins subtrahiert, bei positiver addiert werden.
Bei der dritten Versuchsreihe mußte man noch die in den Messungsabschnitten substituierten Elektrolyte (mval) vom Realwert des Urins subtrahieren.
Die Bilanzberechnung in den drei Versuchsreihen wurde jeweils für Kalium und Natrium durchgeführt nach der allgemeinen Formel (28) :

Intrazellularraum = Zufuhr-(Ausscheidung+ Extrazellularraum)
mval mval mval mval

+ Intrazellularraum = Retention
- Intrazellularraum = Verlust
Änderung

B VII

Bestimmung des Hämoglobins,des Hämatokrits und der Erythrocytenzahl im Blut

Hämoglobin:

Prinzip:
Das in der Blutprobe enthaltene Hämoglobin wird durch Kaliumferricyanid zu Hämiglobin (Methämoglobin) umgewandelt,das dann mit Kaliumcyanid zu Cyanhämiglobin reagiert,dessen Extinktion bei 546 nm gemessen wird. Die Färbung ist mehrere Monate stabil.
Die Blutentnahme erfolgt aus einem in die Femoralisvene eingelegten Katheter.Es werden exakt 2o cmm Blut mit einer geeichten Kapillarpipette entnommen.
In ein Reagenzglas wird mit einer geeichten Vollpipette 5 ml Reagenzlösung pipettiert.Die entnommene Blutprobe wird durch Ausblasen in diese entleert.Danach wird die Pipette durch mehrmaliges Aufsaugen der Reagenzlösung restlos gereinigt.Der Inhalt des Reagenzglases wird sofort kräftig geschüttelt und mindestens 2o Minuten stehen gelassen.
Die Extinktion der Cyanhämiglobinlösung wird mit dem Filter Hg 546 im Eppendorf-Fotometer in einer 1omm-Küvette gegen Aqua dest. gemessen.

Berechnung:

Extinktionswert x 36,o = g Hb/1oo ml Blut
Extinktionswert x 225 = % Hb

Hämatokrit:

Man zieht mit einer van Allen-Mischpipette Blut bis zur Marke 1oo,danach Liquemin-La Roche (3,8%ige Citratlösung hämolysiert Hundeblut) bis in die Mischbirne auf.

Man mischt anschließend gut,spannt das Hämatokritröhrchen in die Klammer ein und zentrifugiert 2o Minuten bei 1ooo Umdr./min.Das Ergebnis liest man von der Skala ab.

Erythrocytenzählung mit der Thoma-Kammer:

Mit einer Erythrocyten-Mischpipette wird Kapillarblut bis zur Marke o,5 aufgezogen.Anschließend wird Hayemsche Lösung bis zur Marke 1o1 angesaugt,wodurch eine 2oofache Verdünnung entsteht.Es wurde darauf geachtet,daß keine Luftbläschen in die Pipette gelangten. Die Pipette wird 1-2 Minuten gut geschüttelt.Vor der Zählung in der Kammer werden die ersten 8-1o Tropfen verworfen.

Berechnung:

Es werden 5 mittlere Quadrate mit je 16 kleinen ausgezählt.Ausgezählte Erythrocyten multipliziert mit 1ooo ergibt die Anzahl der Erythrocyten pro cmm.

B VIII

Statistische Auswertung

Die Elektrolytbestimmungen im Plasma und Urin wurden in den drei Versuchsreihen jeweils an mindestens 6 Hunden durchgeführt,wobei bei einer Blutentnahme immer 2 Messungen vorgenommen wurden.
Die Blut- bzw. Urinuntersuchungen erfolgten in zwei-, vier- und sechsstündigen Abständen über wenigstens 12 Stunden.
In den Tabellen ist jeweils der Durchschnittswert(a) der Einzelmessungen(x),Anzahl(n) der Einzelmessungen und Streuung(s) angegeben.
Die Streuungsberechnung erfolgte nach der Formel:

$$s = \sqrt{\frac{(a-x)^2}{n-1}}$$

Die Signifikanz wurde nach folgender Formel errechnet:

$$Q = \sqrt{\frac{a_1 - a_2}{\frac{s_1^2}{n_2} + \frac{s_2^2}{n_1}}}$$

Q ist signifikant bei $Q > Z$.

$$Z = 3 + \frac{10}{n_1+n_2}$$

Q = Quotient zur Prüfung des Unterschiedes zweier Mittelwerte auf Signifikanz,wird gemessen an der Prüfgröße Z (nach Gebelein und Heite).

B IX

Substitution von Flüssigkeit und Elektrolyten

Aus den folgenden Tabellen 3 und 4 sind die jeweilig substituierten Mengen an Kalium,Natrium,Calzium und Chlorid während der dritten Versuchsreihe ersichtlich. Die Infusionen erfolgten in die Femoralvenen der Hunde mit einer Tropffrequenz von ca.6o Tropfen pro Minute über 12 Stunden lang.
Makrodex (6%) und NaCl (o,9%)-Lösungen wurden mengenmäßig errechnet nach der empirischen Formel:
a(% der Oberflächenverbrennung) x b(kg Körpergewicht)-c(ml Infusionsflüssigkeit).
An Laevulose gaben wir 4o ml/kg.
Der Infusionslösung wurde K-Laktat und $CaCl_2$ zugesetzt.

Tab.3: Substitution an Flüssigkeit (ml/12h)

Hund	Makrodex	Laevulose	NaCl
16	252	5o4	252
17	276	552	276
18	44o	88o	44o
19	32o	64o	32o
2o	28o	56o	28o
21	274	548	274
22	264	528	264

Tab.4: Substitution an Elektrolyten (mval/12h)

Hund	K^+	Na^+	Ca^{++}	Cl^-
16	12,52	74,o9	19,68	64,77
17	12,76	81,14	19,8o	7o,93
18	14,4o	129,36	2o,62	113,o8
19	13,2o	94,o8	2o,o2	82,24
2o	12,8o	82,32	19,82	71,34
21	18,74	8o,56	19,79	7o,42
22	18,64	77,62	19,74	67,85

Makrodex und NaCl wurden im Verhältnis 1:1 infundiert.

C Ergebnisse

I Die folgenden Tabellen enthalten die Meßergebnisse der drei Versuchsreihen.Es wurde jeweils der Gehalt von Natrium,Calcium,Kalium und Chlorid im Plasma und Urin sowie der des Kaliums in den Erythrocyten in mval/l gemessen.

Erste Versuchsreihe (=Kontrollgruppe):

a) N a t r i u m (mval/l) im Plasma und Urin:
Die Natriumwerte im Plasma schwankten während der über 12 Stunden durchgeführten Narkose nur unbedeutend um ihren Ausgangswert.Die Urinausscheidung zeigte ebenso keine wesentliche Abweichung.

Tab.5: Natrium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	147	145	143	142
n =	24	12	12	12
s =	9,4	2,3	8,3	13,8

Tab.6: Natrium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	43	96	144	54
n =	1o	12	12	12
s =	23,9	52,5	126,5	4o,5

c) C a l c i u m (mval/l) im Plasma und Urin:

Der Calciumgehalt des Plasmas wies keine Veränderung auf,dagegen konnte im Urin ein signifikanter Anstieg in den ersten 6 Stunden von 1,34 auf 5,14 mval/l beobachtet werden(Q=8,59;Z=3,45).Bezogen auf 1h und 1kg Körpergewicht betrug der Anstieg o,o4 mval/l.

Tab.7: Calcium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	5,48	5,46	5,39	5,26
n =	12	12	12	12
s =	o,58	o,16	o,25	o,2o

Tab.8: Calcium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	1,34	2,33	5,14	4,79
n =	1o	12	12	12
s =	o,94	1,24	1,92	1,51

c) C h l o r i d (mval/l) im Plasma und Urin:

Die Chloridwerte zeigten im Plasma sowie im Urin keine signifikante Veränderung (Tab.9+1o).

Tab.9: Chlorid (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	1o7	1o9	1o8	1o7
n =	6	6	6	6
s =	2,2	1,3	2,o	3,7

Tab.1o: Chlorid (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	1o3	1o7	135	1o2
n =	5	6	6	6
s =	5o,3	34,9	45,1	16,4

d) K a l i u m (mval/l) im Plasma und Urin:
Die K-Werte im Plasma lagen während 12 Stunden im Bereich der Norm. Die K-Konzentration im Urin erhöhte sich in den ersten 6 Stunden von 27,5 auf 168,8 mval/l. Diese Erhöhung lag im Grenzbereich der Signifikanz($\bar{x}$=3,14;Z=3,45). In den Erythrocyten(Tab.13) blieben die K-Werte unverändert.

Tab.11: Kalium (mval/l) im Plasma

	0h	2h	6h	12h
a=	4,38	4,01	4,05	4,17
n=	12	12	12	12
s=	0,38	0,54	0,34	0,19

Tab.12: Kalium (mval/l) im Urin

	0h	2h	6h	12h
a=	27,5	4o,5	168,8	162,8
n=	1o	12	12	12
s=	17,2	41,4	138,o	87,5

Tab.13: Kalium (mval/l) in Erythrocyten

	0h	2h	6h	12h
a=	5,15	4,99	4,7o	5,o5
n=	12	12	12	12
s=	0,39	0,37	0,82	0,42

<u>Zweite Versuchsreihe:</u>
<u>Elektrolytveränderungen durch 1o%ige Oberflächenverbrennung dritten Grades ohne Substitution.</u>

a) N a t r i u m (mval/l) im Plasma und Urin:
Während das Natrium im Plasma keine Veränderung zeigte, war im Urin ein signifikanter Abfall von 111 auf 37 mval/l in 12 Stunden zu sehen($\bar{x}$=5,8;Z=3,5). Bezogen auf 1h und 1kg Körpergewicht betrug der Abfall o,48 mval/l.

Tab.14: Natrium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	141	144	137	139
n =	12	12	1o	8
s =	6,5	11,6	6,4	9,5

Tab.15: Natrium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	111	115	47	37
n =	12	12	1o	8
s =	32,7	41,3	15,7	18,o

b) C a l c i u m (mval/l) im Plasma und Urin:

Die Calciumwerte des Plasmas blieben konstant.Im Urin dagegen war in den ersten 6 Stunden ein signifikanter Anstieg von 1,9o auf 4,42 mval/l zu verzeichnen(Q=8,18; Z=3,45).Bezogen auf 1h und 1kg Körpergewicht ergibt dies o,o3 mval/l.

Tab.16: Calcium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	4,55	4,58	4,64	4,61
n =	12	12	1o	8
s =	o,29	o,14	o,21	o,39

Tab.17: Calcium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	1,9o	4,33	4,42	3,72
n =	12	12	1o	8
s =	o,27	o,65	o,84	o,79

c) C h l o r i d (mval/l) im Plasma und Urin:

Die Chloridwerte im Plasma und im Urin veränderten sich nicht.

Tab.18: Chlorid (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	11o	1o9	113	11o
n =	6	6	5	4
s =	2,7	4,1	12,6	1,8

Tab.19: Chlorid (mval/l) imUrin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	15o	165	142	115
n =	5	6	5	4
s =	27,6	39,7	33,9	57,7

d) K a l i u m (mval/l) im Plasma und Urin:

Die Kaliumwerte des Plasmas und des Urins liegen innerhalb der Streubreite.Auch in den Erythrocyten blieben die K-Werte unverändert(Tab.22).

Tab.2o: Kalium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	4,o4	4,o7	3,93	3,74
n =	12	12	1o	8
s =	o,5o	o,55	o,51	o,48

Tab.21: Kalium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	36,2	1o8,6	169,4	172,1
n =	12	12	1o	8
s =	23,8	62,3	73,8	77,2

Tab.22: Kalium (mval/l) in Erythrocyten

	0^h	2^h	6^h	12^h
a =	4,97	4,72	4,77	4,88
n=	12	12	1o	8
s =	o,51	o,27	o,35	o,46

Dritte Versuchsreihe:
Elektrolytveränderungen durch 1o%ige Oberflächenverbrennung dritten Grades mit Substitution.

a) N a t r i u m (mval/l) im Plasma und Urin:
Das Natrium im Plasma und im Urin veränderte sich kaum, geringe Schwankungen lagen im Streubereich.

Tab.23: Natrium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	$6o^h$	72^h
a=	143	138	145	14o	14o	136	137	139	142
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	5,1	4,8	21,o	6,7	8,9	3,4	1,4	4,4	4,7

Tab.24: Natrium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	$6o^h$	72^h
a=	1o6	89	44	25	37	16	33	24	65
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	59,4	41,9	22,9	12,8	27,8	11,2	19,6	18,9	66,5

c) C a l c i u m (mval/l) im Plasma und Urin:
Das Calcium im Plasma fiel innerhalb von 6o Stunden von 4,93 auf 4,12 mval/l ab.Dieser Abfall lag im Streubereich.Im Urin erfolgte ein Ca-Anstieg von 0^h-6^h von 4,51 auf 9,96 mval/l.Dieser Anstieg ist signifikant(Q=3,75; Z=3,35).Bezogen auf 1h und 1kg Körpergewicht war der Anstieg o,o6 mval/l.

In den folgenden 54 Stunden jedoch sank der Ca-Wert bis auf 1,72 mval/l.

Tab.25: Calcium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	60^h	72^h
a=	4,93	5,3o	4,78	4,o9	4,16	4,14	4,17	4,12	4,47
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	o,35	o,39	o,28	o,49	o,24	o,16	o,26	o,18	o,37

Tab.26: Calcium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	60^h	72^h
a=	4,51	7,98	9,96	2,54	2,86	2,3o	4,o2	1,72	2,83
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	1,47	3,34	5,2o	2,52	1,57	1,o9	2,86	o,36	1,17

c) C h l o r i d (mval/l) im Plasma und Urin:

Der Chloridgehalt des Plasmas blieb konstant. Die Chloridkonsentration im Urin verringerte sich von 152 auf 92 mval/l in 12 Stunden. Diese Verringerung war nicht signifikant(Q=1,9;Z=4,11).

Tab.27: Chlorid (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h
a=	113	112	111	118
n=	5	5	4	4
s=	3,34	7,16	6,37	2,14

Tab.28: Chlorid (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h
a=	152	136	99	92
n=	5	5	4	4
s=	32,2	44,4	39,7	59,6

d) K a l i u m (mval/l) im Plasma,Urin und Erythrocyten:

Das Kalium im Plasma und Urin zeigte geringe Schwankungen,die aber nicht von Bedeutung waren.
In den Erythrocyten konnten wir ab 12^h-Wert eine leichte Erhöhung des Kaliums von 5,4o auf 5,92 mval/l im 72^h- Wert feststellen,die aber nicht signifikant war. (Q=2,85;Z=3,62)

Tab.29: Kalium (mval/l) im Plasma

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	$6o^h$	72^h
a=	3,55	3,89	4,19	3,84	4,21	4,2o	4,11	3,69	3,63
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	o,82	o,39	o,94	o,76	o,44	o,43	o,38	o,29	o,44

Tab.3o: Kalium (mval/l) im Urin

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	$6o^h$	72^h
a=	54,8	93,6	125,4	78,6	1o2,3	83,1	112,1	23,8	133,9
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	43,1	48,5	72,4	83,2	99,5	53,9	34,5	8,3	74,4

Tab.31: Kalium (mval/l) in Erythrocyten

	0^h	2^h	6^h	12^h	24^h	36^h	48^h	$6o^h$	72^h
a=	4,98	5,o2	4,71	5,4o	5,5o	5,59	5,93	5,8o	5,92
n=	14	14	1o	1o	8	8	8	6	6
s=	o,26	o,3o	o,35	o,11	o,22	o,46	o,37	o,45	o,56

II Methodische Untersuchung zur Kaliumbestimmung (Unterschied Serum-Plasma)

96 Stunden nach der Splenektomie trat eine signifikante Frhöhung der Thrombocytenzahl (x=6,02;Z=3,83) auf (Tab.32).
Ebenso signifikant war die Kalium-Frhöhung im Serum (x=5,57;Z=3,83) und der Unterschied Serum-Plasma(mval/l) 96h postoperativ(x=4,29;Z=3,83).

Tab.32: Methodische Untersuchung zur Kaliumbestimmung (Unterschied Serum-Plasma)

	0h praeop.			1h postop.			96h postop.		
	S	P	Th	S	P	Th	S	P	Th
a	4,03	3,72	372	4,34	3,60	497	4,82	3,79	549
n	6	6	6	6	6	6	6	6	6
s	0,05	0,04	68				0,05	0,19	23,5
d	0,3						1,03		

Verwendete Abkürzungen:

S =K-Gehalt im Serum (mval/l)
P =K-Gehalt im Plasma (mval/l)
Th =Thrombocyten in 1000/mm
a =Durchschnittswert
n =Anzahl der Einzelmessungen
s =Streuung
d =Differenz Serum-Plasma (mval/l)

C II

B i l a n z

Die Bilanzerstellung für Kalium und Natrium erfolgte unter Berücksichtigung der Ein- und Ausfuhr sowie der Änderung im Plasma über einen definierten Zeitraum(12h) nach der allgemeinen Formel:

IZR = Zufuhr - (Ausscheidung + EZR)
mval mval mval mval

Der Extrazellulär-Raum kann annäherungsweise mit 15% des Körpergewichtes angesetzt werden.
Näheres über die Berechnung der Realwerte (mval) siehe Methodik.

Tab.33: Differenz der Durchschnittsrealwerte (mval) des Kaliums und Natriums (1.Versuchsreihe)

n	K^+Diff. mval	K^+ mval	Na^+Diff. mval	Na^+ mval
	0h-2h		0h-2h	
12	11,95-1o,69	+1,26	41o,95-39o,73	+2o,22
	2h-6h		2h-6h	
12	1o,69-1o,89	-o,2o	39o,73-387,55	+ 3,18
	6h-12h		6h-12h	
12	1o,89-11,22	-o,31	387,55-383,17	+ 4,38

Tab.34: Differenz der Durchschnittsrealwerte (mval) des Kaliums und Natriums (2.Versuchsreihe)

n	K^+Diff. mval	K^+ mval	Na^+Diff. mval	Na^+ mval
	0h-2h		0h-2h	
12	7,69-7,85	-o,16	266,32-271,39	-5,o7
	2h-6h		2h-6h	
12	7,85-8,o1	-o,16	271,39-276,7o	-5,31
	6h-12h		6h-12h	
12	8,o1-7,36	+o,65	276,7o-269,7o	+7,oo

Tab.35: Differenz der Durchschnittsrealwerte (mval) des Kaliums und Natriums (3.Versuchsreihe)

n	K^+Diff. mval	K^+ mval	Na^+Diff. mval	Na^+ mval
	0h-2h		0h-2h	
12	8,05-8,65	-0,58	323,09-308,98	+14,11
	2h-6h		2h-6h	
12	8,65-9,85	-1,20	308,98-342,28	-33,30
	6h-12h		6h-12h	
12	9,85-9,15	+0,70	342,28-332,25	+10,03

Aus den folgenden Tabellen (36-44) sind die Realwerte (mval) des Kaliums und Natriums im Urin fur die jeweiligen Zeitraume in den drei Versuchsreihen ersichtlich.

Tab.36: Kalium und Natrium (mval) im Urin (0h-2h) (1.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 0h-2h	K^+ mval	Na^+ mval
1	0,010	0,83	1,62
		0,85	1,65
2	0,004	0,41	0,55
		0,42	0,54
3	0,063	1,32	2,77
		1,34	2,77
4	0,040	0,24	3,48
		0,24	3,48
5	0,020	0,36	2,42
		0,37	2,42
6	0,023	0,17	0,51
		0,16	0,51
a		0,56	1,89
n		12	12

Tab.37: Kalium und Natrium (mval) im Urin (2h-6h)
(1.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 2h-6h	K^+ mval	Na^+ mval
1	o,1oo	6,45	35,1o
		6,6o	34,2o
2	o,oo9	3,33	o,2o
		3,46	o,2o
3	o,o19	1,7o	4,26
		1,67	4,26
4	o,o4o	6,74	2,8o
		6,72	2,8o
5	o,o7o	21,07	12,74
		21,14	12,95
6	o.o46	o,52	1,o1
		o,51	1,o1
a		6,66	9,29
n		12	12

Tab.38: Kalium und Natrium (mval) im Urin (6h-12h)
(1.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 6h-12h	K^+ mval	Na^+ mval
1	o,o4o	3,64	5,4o
		3,62	5,4o
2	o,o4o	8,28	2,36
		8,34	2,36
3	o,o48	1o,22	2,54
		9,93	2,54
4	o,o36	8,96	1,26
		9,o1	1,26
5	o,o49	1o,17	o,98
		1o,19	o,98
6	o,112	1,21	2,8o
		1,11	2,8o
a		7,o1	2,56
n		12	12

Tab.39: Kalium und Natrium (mval) im Urin (0h-2h)
(2.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 0h-2h	K^+ mval	Na^+ mval
8	o,o1o	2,o5	o,76
		2,o5	o,76
9	o,o2o	1,41	4,1o
		1,42	4,1o
1o	o,o52	2,67	8,16
		2,73	8,16
11	o,o38	1,55	3,88
		1,54	3,88
12	o,o18	2,86	1,3o
		2,86	1,3o
13	o,o11	1,45	o,86
		1,45	o,86
a		2,o2	3,18
n		12	12

Tab.4o: Kalium und Natrium (mval) im Urin (2h-6h)
(2.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 2h-6h	K^+ mval	Na^+ mval
8	o,o14	4,oo	o,6o
		4,oo	o,6o
9	o,o16	2,84	o,42
		2,83	o,42
1o	o,oo3	o,22	o,17
		o,22	o,17
11	o,o2o	2,61	1,38
		2,61	1,38
12	o,o18	3,19	o,68
		3,21	o,68
a		2,58	o,65
n		1o	1o

Tab.41: Kalium und Natrium (mval) im Urin (6h-12h)
(2.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 6h-12h	K^+ mval	Na^+ mval
8	o,o14	2,62	o,46
		2,62	o,46
9	o,o28	7,81	o,39
		7,82	o,39
11	o,o2o	2,76	o,8o
		2,79	o,8o
12	o,oo2	o,16	o,12
		o,16	o,12
a		3,35	o,44
n		8	8

Tab.42: Kalium und Natrium (mval) im Urin (Oh-2h)
(3.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) Oh-2h	K^+ mval	Na^+ mval
16	o,o3o	o,54	2,88
		o,54	2,88
17	o,o18	2,18	2,43
		2,19	2,43
18	o,o75	2,78	4,5o
		2,79	4,5o
19	o,o7o	6,26	o,84
		6,3o	o,84
2o	o,o15	1,58	1,53
		1,58	1,53
21	o,o3o	4,87	4,o2
		4,88	4,o5
22	o,o29	3,47	2,49
		3,48	2,49
a		3,11	2,67
n		14	14

Tab.43: Kalium und Natrium (mval) im Urin (2h-6h) (3.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 2h-6h	K^+ mval	Na^+ mval
17	o,o3o	5,22	2,34
		5,2o	2,34
18	o,24o	8,92	11,52
		8,95	11,52
19	o,o36	3,o5	o,36
		3,o6	o,36
2o	o,o1o	o,97	o,45
		o,97	o,45
21	o,o3o	7,o2	1,17
		7,o2	1,17
a		5,o4	3,17
n		1o	1o

Tab.44: Kalium und Natrium (mval) im Urin (6h-12h) (3.Versuchsreihe)

Hund	Urin(l) 6h-12h	K^+ mval	Na^+ mval
17	o,o26	6,27	o,99
		6,27	o,99
18	o,3oo	6,48	8,7o
		6,48	8,7o
19	o,o6o	4,21	o,6o
		4,21	o,6o
2o	o,15o	2,32	1,65
		2,32	1,65
21	o,26o	11,38	3,38
		11,44	3,38
a		6,14	3,o6
n		1o	1o

Tab.45: Kalium-Bilanz(mval)

1.Versuchsr.	0h-2h	2h-6h	6h-12h
K(Urin)	o,56	6,66	7,o1
EZR	+1,26	-o,2o	-o,31
IZR	-1,82	-6,46	-6,7o
2.Versuchsr.			
K(Urin)	2,o2	2,58	3,35
EZR	-o,16	-o,16	+o,65
IZR	-o,86	-2,42	-4,oo
3.Versuchsr.			
K(Urin)	3,11	5,o4	6,14
EZR	-o,58	-1,2o	+o,7o
Substitution	2,46	4,92	7,38
IZR	-o,o7	+1,o8	+o,54

Tab.46: Natrium-Bilanz (mval)

	0h-2h	2h-6h	6h-12h
1.Versuchsr.			
Na(Urin)	1,89	9,29	2,56
EZR	+2o,22	+3,18	+4,38
IZR	-22,11	-12,47	-6,94
2.Versuchsr.			
Na(Urin)	3,18	o,65	o,44
EZR	-5,o7	-5,31	+7,oo
IZR	+1,89	+4,66	-7,44
3.Versuchsr.			
Na(Urin)	2,67	3,17	3,o6
EZR	+14,11	-33,3o	+1o,o3
Substitution	14,74	29,49	44,23
IZR	- 2,o4	- o,64	+31,14

1.Die Bilanz von Kalium und Natrium unter Narkose (Kontrollgruppe)

Die Bilanzierung des Kaliums (Tab.45) zeigt,daß im Zeitraum 0h-2h o,91 mval/h aus dem IZR verschwunden sind.Auch in den folgenden 1o Stunden ist der Verlust an Kalium aus dem IZR praktisch gleich,nämlich 1,31 mval/h.

Der anfängliche Natriumverlust (Tab.46) aus dem IZR in den ersten 2 Stunden von 11,o5 mval/h geht in den folgenden 1o Stunden auf 1,94 mval/h zurück.

2.Die Bilanz von Kalium und Natrium bei Verbrennung onne Substitution

Der Kaliumverlust (Tab.45) aus dem IZR über 12 Stunden beträgt o,61 mval/h.

An Natrium retiniert der IZR in den ersten 6 Stunden 1,o9 mval/h (Tab.46).In den anschließenden 6 Stunden tritt wieder ein geringer Verlust aus dem IZR von 1,24 mval/h ein.

3.Die Bilanz von Kalium und Natrium bei Verbrennung mit Substitution

Unter Kaliumsubstitution ist die Kaliumverschiebung nach bzw. aus dem IZR noch geringer (Tab.45).
Im Zeitraum 0h-2h beträgt der Verlust an Kalium aus dem IZR 0,03 mval/h.In den restlichen 10 Stunden retiniert der IZR 0,16 mval/h.
Beim Natrium zeigt sich anfänglich (Tab.46) ein geringer Verlust aus dem IZR von 0,44 mval/h in den ersten 6 Stunden,darauf in den folgenden 6 Stunden eine Retention von 3,19 mval/h im IZR.

Die Streuung der Ca-Werte im Urin unter Substitution (Tab. 6) lag zwischen 50 bis 100%.

IV Blutwerte

Die Erythrocytenzahl(in Mill./mm^3),das Hämoglobin(%) und der Hämatokritwert(in Volumenprozent) wurden in den 3 Versuchsreihen über 12 Stunden kontrolliert. Die Werte blieben durchwegs konstant.Geringe Schwankungen lagen innerhalb der Streuung (s.Tab.47-49).

Tab.47: Erythrocyten/mm^3(in Mill.) in den 3 Versuchsreihen

	0h	2h	6h	12h
1.Versuchsr.				
a	6,56	5,65	5,51	6,25
n	6	6	6	6
s	0,86	0,87	0,76	0,86
2.Versuchsr.				
a	6,6	6,52	7,21	7,49
n	6	6	5	4
s	1,3	0,76	0,56	0,65
3.Versuchsr.				
a	5,9	6,2	7,3	6,37
n	7	7	5	5
s	0,58	0,71	0,75	0,99

Tab.48: Hämoglobin (%) in den 3 Versuchsreihen

	0h	2h	6h	12h
1.Versuchsr.				
a	101,1	99,8	107,5	116,6
n	38	12	10	8
s	15,3	11,6	12,6	10,5
2.Versuchsr.				
a	101,1	89,7	87,0	99,8
n	38	12	12	12
s	15,3	12,3	7,9	17,5
3.Versuchsr.				
a	101,1	95,4	109,3	99,9
n	38	14	10	10
s	15,3	7,8	17,4	16,5

Tab.49: Hämatokrit (Volumenprozent) in den 3 Versuchsreihen

	0h	2h	6h	12h
1.Versuchsr.				
a	60	54	45	49
n	38	12	12	12
s	7,7	4,3	6,6	10,2
2.Versuchsr.				
a	60	56	63	65
n	38	12	10	8
s	7,7	7,9	6,7	12,6
3.Versuchsr.				
a	60	54	69	60
n	38	14	10	10
s	7,7	3,0	7,1	11,1

V Diskussion

Die Fortschritte in der Behandlung der Verbrennungskrankheiten lassen erkennen,daß man heute nicht nur die lokale Schädigung beachtet,sondern den gesamten Schädigungskomplex in die Therapie einbezieht.
Schon vor 100 Jahren beschrieb B a r a d u c eine Hämokonzentration und S n e v e empfahl bei Verbrennungen die Verwendung von Salzlösungen bei Verbrennungspatienten.
Die grundlegenden Arbeiten über die Art und den Umfang der erforderlichen Flüssigkeitssubstition (Cope,Moore, Moyer,Evans u. a.) erschienen in den Jahren 1940 bis 1950.
Seit dieser Zeit besteht die Therapie der Verbrennungskrankheit in einer lokalen und einer allgemeinen Behandlung.Heute setzt man die lokalen Maßnahmen den allgemeinen in ihrer Wertigkeit gleich.
Vorraussetzung für eine sinnvolle Behandlung jedoch ist das Verständnis der Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit.
Im Ablauf der Verbrennungskrankheit treten zwei grundsätzlich verschiedene Schockformen auf.In der ersten Phase,die an Bedeutung überwiegt,steht der durch Volumenverlust hervorgerufene Schock im Vordergrund.In der zweiten Phase können die weiter anhaltenden Flüssigkeits- und Eiweißverluste gemeinsam mit einer lokalen oder allgemeinen Infektion zu einer Kreislaufdysregulation im Sinne eines Schocks führen (2).
Die deskriptive Einteilung nach M o o r e (24) unterscheidet 4 Phasen der Verbrennungskrankheit:
1.Phase:Zeit der Verbrennungsödeme(2-3 Tage).2.Phase: Zeit der großflächigen Wunde (1-3 Wochen).3.Phase:Übergang der katabolen in die anabole Stoffwechsellage(3-4 Wochen).4.Phase:Normalisierung und Rehabilitation(Monate).

Werden bei der thermischen Schädigung des Gewebes Temperaturen zwischen 5o und 60 Grad C erreicht,so tritt eine Schädigung des Kapillarepithels ein,wobei dessen Funktion durch O_2-Mangel,durch örtlich entstehende Metaboliten und die Aktivierung proteolytischer Fermente beeinträchtigt wird (Greuer,Lorthioir u.a.).Hierbei wird die Permeabilität der Gefäße gesteigert,wodurch Plasmaproteine und auch Erythrocyten das Gefäßsystem verlassen.Es kommt zu deutlichen Wasser- und Elektrolytverschiebungen sowohl im Extra- als auch im Intrzellulärraum.Durch die Verluste sind alle Flüssigkeitsräume betroffen (27) dabei steht in der 1.Phase vor allem die intravasale Hypovolämie im Vordergrund.

Die Verluste an Serumeiweiß können am 1.Tag bei schweren Verbrennungen bis zu 50% und mehr der Normalwerte betragen (Artz,Blalock,Lee u.a.).

Die Veränderungen im Wasser- und Elektrolythaushalt werden von dem Ausmaß der Schädigung bestimmt.45 bis 90% der entstehenden Natriumverluste gehen im Wundexsudat verloren (Ahnefeld,Moore u.a.).Daraus sollte man jedoch nicht den Schluß ziehen,dem Organismus kein Natrium wegen der Gefahr vermehrter Ödembildung zuzuführen.Das Natrium ist dem Organismus verlorengegangen und muß entsprechend substituiert werden (2).

Bei Traumen mit Permeabilitätsstörungen und Zellschäden kommt es zu einem vermehrten Einstrom von Kalium in den intravasalen Raum.Die Ursache dafür ist die Zerstörung von Zellen und pathologische Austauschvorgänge der Elektrolyte zwischen Extra- und Intrazellulärraum.Bei letzterem werden für jeweils 3 Kaliumionen,die aus der Zelle austreten, 2 Natrium- und 1 Wasserstoffion in die Zelle verlagert(Bland). Daraus ergibt sich ein weiterer Natriumverlust,eine intrazelluläre Azidose und die Möglichkeit einer Hyperkaliämie im Serum.

Die primäre Nierenfunktionsstörung in der ersten Phase der Verbrennungskrankheit wird ausgelöst durch eine Mangeldurchblutung,Hypovolämie,Vasokonstriktion,Aggregationen oder durch fehlendes Angebot an Wasser und Salzen.Erst wenn extrarenal liegenden Ursachen längere Zeit anhalten, kommt es zu morphologisch erkennbaren Veränderungen an der Niere (4,20).
Die Reaktion der Nebennierenrinde bei Verbrennungspatienten zeigt sich in einem Anstieg der 17-Hydroxykortikosteroide im Blut und im Urin nach mindestens 24 Stunden (1).
Die extreme Steigerung dieser Steroide im Blut wird höchstwahrscheinlich bedingt durch eine Abbauverlangsamung in der Leber (1,2).
Unter Beachtung dieser vorher erwähnten pathophysiologischen Vorgänge bei Verbrennungen haben wir unsere Elektrolytuntersuchungen an Hunden durchgeführt.
Die erste Versuchsreihe (Kontrollgruppe) sollte den Einfluß der Narkose (Nembutal 25 mg/kg i.v. als Initialdosis) auf den Elektrolythaushalt zeigen.Diese Kontrollgruppe war durch unsere Versuchsanordnung bedingt,da die folgenden Verbrennungsreihen zur Schonung des Tiermaterials in Narkose durchgeführt wurden.
Ein Verglei h mit der zweiten Versuchsreihe (Narkose mit Verbrennung) ließ dann die Wirkung der Verbrennung unter Berücksichtigung der Narkosewirkung erkennen.
Die dritte und letzte Versuchsreihe (Narkose,Verbrennung und Substitution) gab uns schließlich die Möglichkeit einer genauen Substitution von Elektrolyten und Flüssigkeit auf Grund der Ergebnisse aus den beiden vorangegangenen Versuchsreihen.
Als mögliche Ursache einer Elektrolytstörung wurde eine Hämokonzentration ausgeschlossen.Die konstanten Hämatokritwerte (Tab.49) und das Fehlen eines Natriumanstieges

(Tab.5,14,23),der bei einer Plasmaeindickung früher und deutlicher als bei Kalium erfolgen müßte,ließen diese Fehlerquelle eliminieren.
Eine weitere Möglichkeit einer Erhöhung des extrazellulären Kaliums wäre eine zufälligerweise vorhandene Veränderung der Thrombocytenzahl (Thrombocytopenie,Milzexstirpation,Hypothermie oder Thrombocytose).Um diesen Fehler zu vermeiden,führten wir sämtliche Kaliumbestimmungen im Plasma,also unter Schonung der Thrombocyten,durch (s. Methodik und Tab.32).
Durch laufende Blutgasanalysen während der Versuche konnten wir eine metabolische Azidose ausschließen (s.P.Regenfuß,Marburg/L.,Diss.).
Im Gegensatz zu anderen Autoren (28,23,22) konnten wir eine wesentliche Wirkung der Narkose auf den Elektrolythaushalt nicht feststellen.Geringe K-Schwankungen im Plasma und in den Erythrocyten lagen im Streubereich (Tab.11,13). Ein leichter K-Anstieg im Urin war statistisch nicht zu sichern (Tab.12).
B l a k e fand bei Hunden,die mit Pentobarbital narkotisiert waren,eine vermehrte Natriumausscheidung durch die Nieren.S t a i b stellte signifikante Alterationen unter Narkose nur im Kalium-Spiegel fest,die jedoch abhängig waren von den jeweilig benutzten Medikamenten und der Narkosedauer(>2h).Nach Bilanzuntersuchung trat in den meisten Fällen ein Verlust aus dem IZR (="negative Bilanz") auf. Wie auch S t a i b feststellte,ist der Kaliumgehalt in den Erythrocyten (Tab.13,22,31) nicht repräsentativ für den restlichen IZR für akute Veränderungen.Bei H a m m o n d blieben die Natrium- und Kaliumwerte bei Versuchen an Hunden mit verschiedenen Narkosemitteln in den ersten 6 Stunden konstant.
Die Bilanzierung des Kaliums unter Narkose weist bei uns nur einen geringen Verlust von 0,91 mval/h in den ersten 2 Stunden,von 1,31 mval/h in den folgenden 10 Stunden

aus dem IZR auf (Tab.45).Eine baldige Kalium-Substitution wäre hier notwendig.Man sieht also deutlich,daß eine Bilanzierung dringend erforderlich ist,um bei konstanten K-Werten im Plasma nicht wesentliche Elektrolytverschiebungen nach bzw. aus dem IZR zu übersehen.
In der zweiten Versuchsreihe mit 10%iger Oberflächenverbrennung konnten wir im Gegensatz zur Kontrollgruppe einen signifikanten Abfall des Natriums (Tab.15) im Urin registrieren (0,48 mval/h/kg).Dementsprechend zeigte die Natriumbilanz (Tab.46) eine Retention im IZR von 1,09 mval/h in den ersten 6 Stunden.Auch A h n e f e l d,H a r t e n b a c h u.a. kamen zu entsprechenden Ergebnissen.
Bei konstanten Kalium-Werten im Plasma ergab die Kalium-Bilanz einen Verlust von 0,04 mval/h/kg aus dem IZR.
Auch hier ist wiederum zu fordern,eine genaue Bilanzierung, besonders für Kalium und Natrium,durchzuführen,zumal bei schwereren Verbrennungen entsprechend tiefergreifende Elektrolytverschiebungen zu erwarten sind.
Die Elektrolytsubstitution in der dritten Versuchsreihe war vollkommen ausreichend wie die geringen Kaliumverschiebungen bei der Bilanzerstellung ergaben (Tab.45).
Lediglich für das Natrium trat im Zeitraum 6h-12h eine Retention von 5,15 mval/h im IZR ein.A h n e f e l d konnte ebenfalls unter exakter Substitution bei Verbrennungen mit intakter Nierenfunktion keine Kaliumveränderungen beobachten.
Abschließend sei noch einmal eindringlich auf die Forderung hingewiesen,bei Verbrennungserkrankungen in entsprechend eingerichteten Kliniken routinemäßig neben den Elektrolytbilanzierungen auch die endokrinen Reaktionen,die Eiweißverschiebungen,den Säurebasenhaushalt und die Nierenfunktion zu überwachen.

VI Zusammenfassung

Unsere Arbeit sollte uns Aufschluß geben über die Elektrolytveränderungen im Plasma,Urin und Erythrocyten bei 1o%iger Oberflächenverbrennung.
Flammenphotometrische Bestimmungen von Kalium,Calcium und Natrium im Plasma und Urin,Kaliumbestimmungen in den Erythrocyten sowie titrimetrische Bestimmung des Chlorids im Plasma und Urin wurden in folgenden Versuchsreihen an Hunden durchgeführt:
1.unter Narkose (Kontrollgruppe)
2.unter Narkose und Oberflächenverbrennung
3.unter Narkose und Oberflächenverbrennung mit Substitution (Elektrolyte und Flüssigkeit)
In allen drei Versuchsreihen fanden sich nach Bilanzuntersuchungen geringe Kalium- und Natriumverluste aus dem IZR. Nur in der zweiten Versuchsreihe trat eine leichte Natriumretention im IZR auf,die zeitlich mit einem signifikanten Natriumabfall im Urin einherging.
Alle übrigen Elektrolytwerte im Plasma,Urin und Erythrocyten blieben bis auf minimale Schwankungen,die im einfachen Streubereich lagen,konstant.
Auf Grund unserer Meßergebnisse können wir die Folgerung ziehen,daß man für eine exakte Steuerung der Elektrolytsubstitutionstherapie auch bei weniger ausgedehnten Oberflächenverbrennungen (1o%) routinemäßig Elektrolytbilanzierungen durchführen muß.

D

Literatur

(1) Ahnefeld,F.W.,M.Allgöwer:Der Schock;Entstehung,Verlauf und Therapie.Dtsch.med.Wschr.87(1962),145

(2) Ahnefeld,F.W.,W.Hartenbach:Verbrennungsfibel,Thieme, Stuttgart,1967

(3) Allgöwer,M.:Toxische Faktoren beim Schock(unter besonderer Berücksichtigung von Verbrennungen).In: Schock,Pathogenese und Therapie,hrsg.von Hock,K.E. Springer,Berlin 1962

(4) Baur,H.:Bedrohliche Gefährdungen und Entgleisung des Wasser-und Elektrolythaushaltes.Dtsch. Ärztekalender.Urban&Schwarzenberg,München 1960

(5) Birke,G.,Liljedahl,S.O.,Plantin,L.O. und Wetterfors,J.: Albumin catabolism in burns and following surgical procedures,Acta chir. scand.118, 353-366 (1960)

(6) Blake,W.D.:Some Effects of Pentobarbitalanaesthesie in renal hemodynamics,water and electrolyte excretion in dog.Am. J. Physiol. 191, 393-398 (1957)

(7) Brücke,F.:Pharmakologische Grundlagen der Behandlung von Störungen des Wasser-und Elektrolythaushaltes, Wien.Klin.Wschr. 72, 449-453 (1960)

(8) Busch,K.:Über klinische Erfahrungen in der lokalen Behandlung der ausgedehnten und lebensbedrohlichen Verbrennungen 2. und 3. Grades, Wschr. Unfallkunde 61, 275-280 (1958)

(9) Carstensen,E.:Die Bedeutung der Elektrolyte in der postoperativen Ernährung, Langenbecks Arch.klin.Chir. 292, 128-132 (1959)

(10)Cope,O.,F.D.Moore:Study of capillary permeability in experimental burns and burn shocks using radioactive dyes in blood and lymph. J. clin. Invest. 23, (1944),241

(11)Davis,Th.P. und Pearse,H.E.:Use of carbon arc and burning magnesium as thermal sources for experimental burns. Ann. Surg. 149. 68-76 (1959)

(12)Dohrmann,R.:Die prä-und postoperative Kaliumsubstitution, Chirurg. 28, 342-346 (1957)

(13)Dressler,W.:Die Serumeiweißkörper und die Elektrolyte in der postoperativen Phase, Dsch. Z. Chir. 282, 70-72

(14)Evans,E.I.,O.J.Purnell,P.W.Robinett,A.Batchelor,M.Martin: Fluid and electrolyte requirements in severe burns. Ann. Surg. 135 (1952),804-815

(15)Gaté,A.,Deleuze,R.,Lacour,J.:Traitement des Brûlures de l'enfant, Ann. Chir. plast. 4, 283-286 (1959)

(16) Greuer,W.:Zur Pathologie und Therapie der Verbrennungskrankheit,
Bruns Beitr. klin. Chir. 198, 257-283 (1959)
(17) Gülich,H.:Bestimmung der 17-Hydroxy-Corticosteroide im peripheren Blut bei traumatischemmSchock nach Unfällen und Verbrennungen,
Dissertation,München,1964
(18) Hammond,W.G.,Vansam,D.L.,Davies,J.M.,Carter,R.D.,Ball, M.R.,Moore,F.D.:Studies in surgical endocrinology. IV Anaesthetic agents as stimuli to change in corticosteroids and metabolism.
Ann. Surg. 148, 199-211 (1958)
(19) Haynes jr.,B.W.:Dextran therapy in severe burns. Results in 246 cases.
Amer. J. Surg. 99, 684-689 (196o)
(2o) Kleinschmidt,A.:Die kreislaufbedingte Niereninsuffizienz,
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 71, (1959) 3o6
(21) Lorthioir,J.,jr.:Traitement local et général des brûlures.Note préliminaire.
Acta chir. belg. 57 (1958),659-698
(22) Meyer,M.:Die Bedeutung der Elektrolyte für Anaesthesie und postoperative Therapie,
Anaesthesist 9, 1-9 (196o)
(23) Middleton,H.G.,Wolfson,L.J.:Anaesthesis in burns,
Brit. Med. Bull. 14, 42-45 (1958)
(24) Moore,F.D.:Typische Veränderungen im Wasser-Elektrolyt-Haushalt,infolge von Trauma,chir. Eingriff u. Krankheit,
Schweiz.med.Wschr. 88, 1o92-1o96 u. 1137-1142 (1958)
(25) Moyer,C.A.:Fluid and electrolyte balance.
Surg. Gynec. Obstet. 84 (1944),586
(26) Rosenthal,A.:Der Verbrennungsschock.Eine experimentelle und klinische Studie über Ursache und Behandlung unter besonderer Berücksichtigung des Katastrophenfalls,
Schriftreihe üb.zivilen Luftsch. H 12,Koblenz: Verlag Ziviler Luftschutz,Dr.Ebeling (196o)
(27) Schwab,M.,Kühne,K.:Die Sörungen des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels,
Springer-Verlag Heidelberg (1959,XV)
(28) Staib,I.:Iatrogene Störungen des Elektrolythaushaltes in Chirurgie und Narkose,
Fortschritte der Medizin 7, 289-293 (1965)

E Lebenslauf

Als drittes Kind des Getreidekaufmannes Gotthard Ziesche und seiner Ehefrau Elfriede,geb.Spiller, wurde ich,Karl-Heinz Ziesche,am 29.8.1934 in Neisse/S. geboren.Im Herbst 1941 trat ich in die Volksschule zu Neisse ein und mußte den Besuch derselben im Herbst 1944 wegen Kriegseinwirkung unterbrechen.Im Februar 1945 flüchtete ich zusammen mit meinen Eltern und 5 Geschwistern nach Oberösterreich,wo wir 8 Monate in einem Flüchtlingslager zubrachten.Im Oktober 1945 wurden wir als Reichsdeutsche aus Österreich nach Lingelbach,Kreis Ziegenhain in Hessen umgesiedelt. Nach einem zweijährigen Besuch der dortigen Volksschule bestand ich die Aufnahmeprüfung für das Real-Gymnasium in Alsfeld,wo ich im März 1956 die Reifeprüfung ablegte.Bis zum Beginn meines Studiums der Medizin im Sommersemester 1957 arbeitete ich als Werkstudent in einer Kölner Eisengießerei.Nach fünf Studiensemestern bestand ich das Physikum an der Philipps-Universität Marburg und legte auch dort im Sommersemester 1963 mein Staatsexamen ab.
Nach meiner Zeit als Medizinalassistent am Kreiskrankenhaus in Alsfeld wurde mir im September 1965 die Bestallung als Arzt erteilt.
Am 1.12.1967 übernahm ich eine Allgemeinpraxis in Alsfeld.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten in Marburg: Braun-Falco, Bock, Gedigk, Huber, Jakob, Linneweh, Schmidt, Schwaiger, Siegert, Staib, Streicher.
Zu großem Dank bin ich verpflichtet Herrn Prof. Dr. med. M. S c h w a i g e r, Chefarzt der Chirurgischen Universitätsklinik in Marburg, für die Übernahme des Correferats und für die Möglichkeit, an seiner Klinik experimentell zu arbeiten.
Ebenso herzlich danke ich Herrn Priv. Doz. Dr. med. I. S t a i b, der diese Dissertation angeregt, mich in der denkbar besten Weise unterstützt und das Referat geschrieben hat.